



# دانشگاه علوم پزشکی کرمان

دانشکده بهداشت

پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت حرفه ای

عنوان:

اولویت بندی و وزن دهی فاکتورهای مؤثر بر کنترل استرس حرارتی کارگران (محیطی - فردی - شغلی) با استفاده از روش های: شبیه سازی مونت کارلو، تحلیل حساسیت و فرآیند تحلیل شبکه ای

توسط: آرزو متین

اساتید راهنما: دکتر محمدرضا قطبی راوندی - دکتر سجاد زارع

استاد مشاور: دکتر یونس جهانی

سال تحصیلی: ۱۳۹۸ - ۱۳۹۷

## چکیده

**مقدمه و اهداف:** بروز استرس گرمایی یکی از شایع ترین مشکلات در محیط کار است، به طوری که می تواند به صورت

مستقیم بر روی عملکرد افراد تاثیر گذارد و حتی باعث بروز مرگ و میر شود. لذا به منظور تعیین و ارزیابی شرایط محیطی،

تنش های حرارتی باید به درستی توصیف و اندازه گیری شوند. در این مطالعه، از روش های شبیه سازی مونت کارلو، تحلیل

حساسیت و ANP برای اولویت بندی و وزن دهی فاکتورهای مؤثر فردی - محیطی - شغلی در یک صنعت ذوب استفاده

شد.

**روش کار:** در این مطالعه، کنترل استرس حرارتی کارگران به سه روش مختلف اولویت بندی و وزن دهی می شود. در دو

روش اول (مونت کارلو و تحلیل حساسیت) فقط پنج فاکتور محیطی (دمای هوا، دمای گویسان، دمای تر طبیعی، رطوبت

نسبی، سرعت جریان هوا) و دو فاکتور فردی (متابولیسم و نرخ عایق لباس) در تعیین PHS, WBGT اولویت بندی و

وزن دهی می شوند. اولویت بندی و وزن دهی این هفت فاکتور از طریق اندازه گیری پارامترهای فوق در محیط کار

کارگران صنعت ذوب و با استفاده از روش های شبیه سازی مونت کارلو، تحلیل حساسیت انجام می شود. در روش سوم

فرآیند تحلیل شبکه اولویت بندی و وزن دهی فاکتورهای مؤثر بر کنترل استرس حرارتی کارگران با استفاده از پنج فاکتور

محیطی (دمای خشک، دمای تر طبیعی، دمای گویسان، رطوبت نسبی و سرعت جریان هوا)، چهار فاکتور فردی (متابولیسم،

نرخ عایق لباس، سطح بدن و شاخص توده بدنی) و سه فاکتور شغلی (ماهیت کار، سختی کار و مدت زمان کار) انجام می گردد.

**یافته ها:** در این پژوهش در روش مونت کارلو و در ارتباط با سه شاخص گرمایی PMV, WBGT و AET نتایج

وزن نشان داد که پارامترهای دمای گویسان و دمای خشک بیشترین تاثیر در گرمای محیط کار داشته اند. همچنین در

روش تحلیل حساسیت در ارتباط با سه شاخص ذکر شده، پارامتر دمای گویسان بیشترین حساسیت را برای همه شاخص ها

را داشته است. و در روش تحلیل فرآیند شبکه ای از بین معیارها، معیار محیطی سپس شغلی و در نهایت فردی به ترتیب

بیشترین وزن را به خود اختصاص داده اند و از بین زیرمعیارها، زیرمعیار سختی کار، دمای گویسان و متابولیسم به ترتیب

بیشترین وزن را دارا هستند.

**نتیجه گیری:** صنایع مس یکی از صنایع گرمازایی است که از اهمیت زیادی برخوردار می باشد برای دوری از مشکلات

ناشی از استرس حرارتی، باید پیشنهادات نهادهای بین المللی از قبیل OSHA, ACGIH در نظر گرفته شود. برای

جلوگیری از بروز استرس حرارتی، باید حدود مجاز استانداردها به طور جدی تری دنبال شوند که می توان به کنترل های

مدیریتی، مهندسی و استفاده از لوازم حفاظت فردی پرداخت.

تحلیل حساسیت **کلید واژه:** استرس گرمایی، تحلیل فرآیند شبکه ای، شبیه سازی مونت کارلو،

## **Abstract**

**Prioritizing Effective Factors for Thermal Stress Control of Workers (Individual - Occupational - Environment) using the following methods: Monte Carlo simulation, sensitivity analysis and Analytic Network Process in a melting industry**

**Introduction & Objectives:** The occurrence of heat stress is one of the most common problems in the work environment, which can directly affect the function of individuals and even cause death. To make Therefore, to determine and evaluate environmental conditions, thermal stresses should be properly described and measured. In this study, Monte Carlo simulation methods, sensitivity analysis and ANP were used to prioritize and weigh the individual effective factors (metabolism, dressing inspiration, body surface, and body mass index), Environmental (Dry Bulb Temperature, Natural Wet Bulb Temperature, Globe Bulb Temperature, humidity and The airflow rate), occupation (nature of work, hard work and time of work) was used in a melting industry.

**Methods:** In this study, thermal stress control of workers is prioritized and weighted in three different ways. In the first two methods (Monte Carlo and sensitivity analysis), only five environmental factors (Dry Bulb Temperature, Natural Wet Bulb Temperature, Globe Bulb Temperature, humidity and The airflow velocity), and two individual factors (metabolism and clothing inspiration rate) were used to determine WBGT, PHS priority and weighed. Prioritizing and weighing these seven factors is the sensitivity analysis by measuring the above parameters in the working environment of the melting industry and using the Monte Carlo simulation methods. In the third method of network analysis process, prioritizing and weighting factors affecting workers thermal stress control using five environmental factors (Dry Bulb Temperature, Natural Wet Bulb Temperature, Globe Bulb Temperature, humidity and The airflow velocity), four

individual factors (metabolism, rate Insolation of clothing, body surface and body mass index) and three factors of occupation (nature of work, work hardness and duration of work).

**Results:** In this study, in the Monte Carlo method and in relation to the three indexes of PMV, WBGT and AET, weighted results showed that the parameter “Globe Bulb Temperature” and the “Dry Bulb temperature” parameter had the most effect on the heat of the work environment. Also, in the sensitivity analysis method in relation to the three indicators mentioned, the parameter “Globe Bulb Temperature” has the highest sensitivity for all indicators. In the Analytic Network Process, among the criteria, the environmental criterion, then the occupation, and eventually the individual, respectively, have the highest weight and, respectively, have the highest weight among the sub-criteria, the substandard hardness of work, the temperature of the words and the metabolism.

**Conclusion:** The copper industry is one of the hottest industries that are of great importance. In order to avoid problems caused by thermal stress, international organizations such as ACGIH, OSHA and others should be considered. On the other hand, workers must be constantly monitored for medical attention, which is essential for their health and productivity. In order to prevent thermal stress, standards should be strictly observed, which can be applied to management, engineering, and personal protective equipment.

**Keyword:** Heat Stress, ANP, Monte Carlo Simulation, Sensitivity Analysis



**Kerman University of Medical Sciences**

**Faculty of Public Health**

**In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree  
(MSC)**

**Title:**

**Prioritizing Effective Factors for Thermal Stress Control of Workers**

**(Individual - Occupational - Environment) using the following methods:**

**Monte Carlo simulation, sensitivity analysis and Analytic Network Process in  
a melting industry**

**By:**

**Arezoo Matin**

**Supervisors:**

**1- Dr. Mohammad Reza Ghotbi**

**2- Dr. Sajad Zare**

**Advisor:**

**1- Dr. Younes Jahani**

**Year:**

**January 2019**